

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-017790

(43)Date of publication of application : 17.01.2003

(51)Int.Cl.

H01S 5/02
B23K 26/00
H01L 33/00
H01S 5/323
// B23K101:40

(21)Application number : 2001-201628

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 03.07.2001

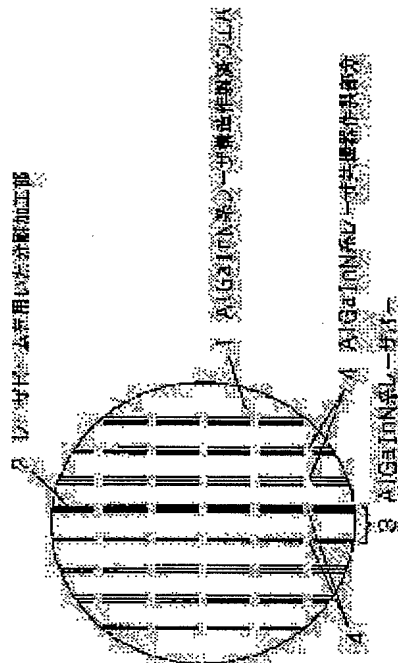
(72)Inventor : ISHIBASHI AKIHIKO
KAWAGUCHI YASUTOSHI
OTSUKA NOBUYUKI

(54) NITRIDE-BASED SEMICONDUCTOR DEVICE AND MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a manufacturing method of a laser beam resonator having high reproducibility and yields by forming a separation groove where flatness on a section is excellent on an AlGaInN-based crystal substrate.

SOLUTION: In an AlGaInN-based laser wafer manufactured on a sapphire substrate, the substrate is irradiated with a pulse laser beam from the back side, and then is applied to an AlGaInN-based crystal section other than the laser resonator section of a surface for forming a separation groove. After that, force is applied along the separation groove for separating the substrate to a laser bar. In this manner, the surface of the resonator where flatness is extremely high and a reflection loss rarely exists is achieved, thus achieving manufacture with high reproducibility and yields.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-17790

(P2003-17790A)

(43)公開日 平成15年1月17日(2003.1.17)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
H 0 1 S 5/02		H 0 1 S 5/02	4 E 0 6 8
B 2 3 K 26/00		B 2 3 K 26/00	H 5 F 0 4 1
H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00	C 5 F 0 7 3
H 0 1 S 5/323	6 1 0	H 0 1 S 5/323	6 1 0
// B 2 3 K 101:40		B 2 3 K 101:40	

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2001-201628(P2001-201628)

(22)出願日 平成13年7月3日(2001.7.3)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 石橋 明彦

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 川口 靖利

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74)代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

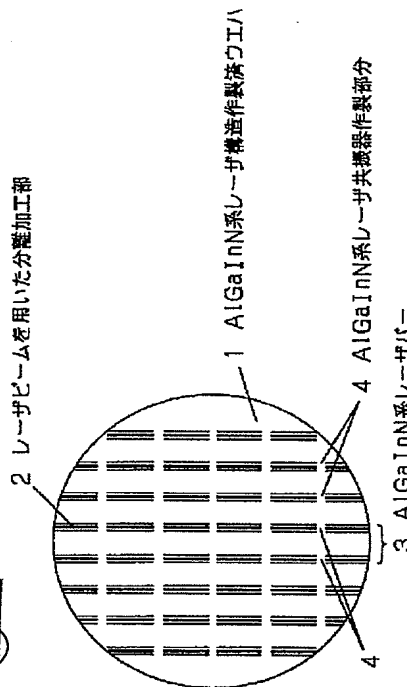
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 窒化物系半導体素子及び製造方法

(57)【要約】

【課題】 AlGaInN系結晶基板において断面の平坦性に優れた分離溝を形成し、再現性が高くかつ高歩留まりなレーザ光共振器作製方法を提供する。

【解決手段】 サファイア基板上に作製したAlGaInN系レーザウエハにおいて、パルスレーザビームを基板裏面から照射した後、表面のレーザ共振器部分を除くAlGaInN系結晶部に照射して分離溝を形成する。この後、前記分離溝に添って力を加え基板をレーザバーに分離する。この方法によりレーザ結晶部にダメージを与えることなく極めて平坦性が高く反射ロスのほとんど無い共振器面が実現でき、かつ再現性が高く高歩留まりな作製が可能となる。



FP03-0044
JP
'09.9.01
OA

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に構成された $Al_xGa_yIn_zN$ ($x+y+z=1$)系結晶の結晶部及び基板部の内少なくともいずれかにパルスレーザービーム光を照射することにより分離溝を形成する工程を有することを特徴とするAlGaInN系半導体素子の製造方法。

【請求項2】 基板上に構成された $Al_xGa_yIn_zN$ ($x+y+z=1$)系結晶の結晶部及び基板部の内少なくともいずれかにパルスレーザービーム光を照射することにより素子分離を行う工程を有することを特徴とするAlGaInN系半導体素子の製造方法。

【請求項3】 パルスレーザービーム光の照射領域と非照射領域が周期的であることを特徴とする請求項1または2に記載のAlGaInN系半導体素子の製造方法。

【請求項4】 パルスレーザービーム光非照射領域がレーザーダイオードの共振器面形成領域を含むことを特徴とする請求項3に記載のAlGaInN系半導体素子の製造方法。

【請求項5】 基板上に構成された $Al_xGa_yIn_zN$ ($x+y+z=1$)系結晶の結晶部及び裏面基板部に分離溝を形成する工程と、前記分離溝の内少なくともいずれかにおいてパルスレーザービーム光を照射して前記分離溝を追加する工程とを含むことを特徴とするAlGaInN系半導体素子の製造方法。

【請求項6】 パルスレーザービーム光を照射する工程を含む工程により形成した分離溝に添ってへき開することによりレーザーダイオードの共振器面を作製する工程を有することを特徴とするAlGaInN系半導体発光素子の製造方法。

【請求項7】 パルスレーザービーム光を照射することによりレーザーダイオードの共振器面を作製する工程を有することを特徴とするAlGaInN系半導体発光素子の製造方法。

【請求項8】 パルスレーザービーム光照射による分離溝形成方法が多光子過程によることを特徴とする請求項1から7のうちいずれか1項に記載のAlGaInN系半導体素子の製造方法。

【請求項9】 基板がサファイアであることを特徴とする請求項1から8のいずれかに記載のAlGaInN系半導体素子の製造方法。

【請求項10】 基板表面または裏面のうち少なくとも一方に溝加工を施す工程と前記基板上にAlGaInN系半導体素子の作製を行う工程とを有することを特徴とするAlGaInN系半導体素子の製造方法。

【請求項11】 溝加工の周期を基板内において変調させることを特徴とする請求項10に記載のAlGaInN系半導体素子の製造方法。

【請求項12】 加工溝の深さを基板内において変調させることを特徴とする請求項10または11に記載のAlGaInN系半導体素子の製造方法。

【請求項13】 表面または裏面の少なくとも一方に溝加工を施した基板を有することを特徴とするAlGaInN系半導体素子。

【請求項14】 溝加工の周期が基板内において変調していることを特徴とするAlGaInN系半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光情報処理、ディスプレイ、照明分野などへの応用が期待されている紫外から青色、緑色、赤色等の波長域における半導体レーザーや発光ダイオードなどのAlGaInN系半導体発光素子および製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】V族元素に窒素(N)を有するIII-V窒化物半導体は、そのバンドギャップの大きさから、短波長発光素子の材料として有望視されている。中でも窒化ガリウム系化合物半導体(GaN系半導体： $Al_xGa_yIn_zN$ ($0 \leq x, y, z \leq 1, x+y+z=1$))は研究が盛んに行われ、青色発光ダイオード(LED)、緑色LEDが実用化されている。また、光ディスク装置の大容量化のために、400nm帯に発振波長を有する半導体レーザーが熱望されており、GaN系半導体を材料とする半導体レーザーが注目され現在では実用レベルに達しつつある。

【0003】図10はレーザー発振が達成されているGaN系半導体レーザーの構造断面図である。サファイア基板1001の主にC面上に有機金属気相成長法(MOVPE法)によりGaNバッファ層1002、n-GaN層1003、n-AlGaInクラッド層1004、n-GaN光ガイド層1005、 $Ga_{1-x}In_xN/Ga_{1-y}In_yN$ ($0 < y < x < 1$)から成る多重量子井戸(MQW)活性層1006、p-GaN光ガイド層1007、p-AlGaInクラッド層1008、p-GaNコンタクト層1009が成長される。そしてp-GaNコンタクト層1009上に幅3から10ミクロン程度の幅のリッジストライプが形成され、その両側はSiO₂1011によって埋め込まれる。その後リッジストライプおよびSiO₂1011上に例えばNi/Auから成るp電極1010、また一部をn-GaN層1003が露出するまでエッチングした表面に例えばTi/Alから成るn電極1012が形成される。本素子においてn電極1012を接地し、p電極1010に電圧を印加すると、MQW活性層1006に向かってp電極1010側からホールが、またn電極1012側から電子が注入され、前記MQW活性層1006内で光学利得を生じ、発振波長400nm帯のレーザー発振を起こす。MQW活性層1006の材料である $Ga_{1-x}In_xN/Ga_{1-y}In_yN$ 薄膜の組成や膜厚によって発振波長は変化する。現在室温以上での連続発振が実現されている。

【0004】このレーザーはリッジストライプの幅と高さ

を制御することによって、水平方向の横モードにおいて基本モードでレーザ発振するような工夫が成される。すなわち、基本横モードと高次モード（1次以上のモード）の光閉じ込め係数に差を設けることで、基本横モードでの発振を可能としている。

【0005】レーザの共振器面はサファイア基板1001の裏面を研磨する等した後、例えばダイヤモンドカッター等を用いて分離のガイドとなるスクライブ傷を入れた後サファイアA面（11-20）面）またはM面（1-100）面）でへき開したり、またドライエッチングにより結晶成長したAlGaInN系結晶のA面またはM面を露出させる等の手法が用いられている。

【0006】またレーザに限らず、AlGaInN系発光ダイオード（LED）を作製する際にも素子分離方法として前記方法のようにダイヤモンドカッター等を用いて素子の結晶または基板側に分離溝を入れたり、前記カッターで直接機械的に切断する等の工程が行われている。

【0007】他方、AlGaInN系結晶の基板には、サファイア、SiC、NGOなどが用いられるが、いずれの基板もGaNと格子整合せず、コヒーレント成長を得ることが難しい。その結果、転位（刃状転位、らせん転位、混合転位）が多く、例えばサファイア基板を用いた場合、約 $1 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ の転位が存在する。その結果、半導体レーザの信頼性の低下を引き起こす。

【0008】転位密度低減の方法として誘電体マスクや加工基板を用いた選択横方向成長（ELO）が提案されている。これは格子不整合が大きい系において、貫通転位を低減させる方法として有効である。

【0009】図11はELOによって形成したGaN結晶の転位の分布を模式的に表したものである。図11(a)のように、まず、サファイア基板1101上にMOVPE法などによりGaN層1102を堆積する。SiO₂1103をCVDなどで堆積した後、フォトリソグラフィとエッチングによって周期的なストライプ状にSiO₂1103を加工する。GaN1102の露出した部分を種結晶として選択成長によってGaN層1104を堆積する。成長方法としてMOVPE法やHVP E法を用いる。種結晶の上部は約 $1 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ と転位の多い領域1106が存在するが、横方向成長した部分は転位密度が $1 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ 程度まで低減できている。この転位の少ない領域1105の上部に活性領域、つまり電流注入領域を形成することで信頼性を向上させることが可能となる。また、図11(b)のように、サファイア基板1107にドライエッチングなどにより周期的なストライプ状に段差加工を施し、その後GaN層1108を横方向成長させる。横方向成長で生じた空隙1109上には転位の少ない領域1110が形成される。この転位の少ない領域1110の上部に活性領域、つまり電流注入領域を形成することで信頼性を向上させ

ることが可能となる。

【0010】選択横方向成長を用いた場合においてもレーザ共振器は基板をへき開またはドライエッチングを用いてAlGaInN系結晶のA面またはM面を露出させる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記レーザ共振器の形成方法では、例えばへき開方法を用いた場合、図5(a)に示すようにサファイアC面51上にAlGaInN系結晶を成長した場合、サファイアM面51とAlGaInN系結晶M面52は30°ずれ、サファイアM面とAlGaInN系結晶A面53が一致するためにサファイア基板をへき開すると30°ずれた面がランダムに混じり数100nmの凹凸が入ってしまう。共振器面にこのような凹凸が入るとレーザ光のミラー損失が増大し、半導体レーザの動作電流の増大、ひいては信頼性の低下をもたらす。更に、前記共振器面での凹凸はランダムに入るために、一定の反射率を有した共振器面を再現性良く作製することは困難であり、歩留まりが低くなることが問題となる。

【0012】共振器の形成方法としてドライエッチングを用いても同様の問題点が発生する。

【0013】また、図5(b)に示すようにダイヤモンドカッターを用いて分離溝56を形成した場合、溝周辺部にひび割れや傷57が入る。この傷がAlGaInN系レーザ共振器部分58に入れば、レーザ発振特性を著しく低下させる。さらにより小さなマイクロな欠陥もAlGaInN系レーザの発光領域に生成されるので、レーザの信頼性も著しく低下する。従ってこの方法では分離溝56をAlGaInN系レーザ共振器部分58からできるだけ遠ざけ、結果的に分離溝を短くする必要がある。しかしながら分離溝が短いと前記図5(a)で説明したようにサファイア基板とAlGaInN系結晶の結晶面が一致していないために、AlGaInN系レーザバー57をへき開により作製する際に基板の両端から直線的にへき開できず途中で分離溝からそれてしまい低歩留まりなへき開しかできない。

【0014】また、図7(a)に示すようにサファイア基板あるいは周期的な加工を施したマスク基板や段差加工基板を用いてAlGaInN系レーザ構造72を成長すると基板とAlGaInN系結晶との間の格子不整合及び熱膨張不整合に起因して、AlGaInN系結晶の成長後にエピ基板全体が反ってしまうという問題が発生する。基板の反りはレーザ作製プロセスにおいて、例えば電流狭帯のためのリッジストライプを作製する際の位置合わせに大きな障害となったり、また最終工程で共振器面を得るためにへき開する場合に直線的に割れず低歩留まりの原因となる。

【0015】本発明は上記の事情を鑑みてなされたものであり、信頼性の高い窒化物半導体素子を歩留まり良く

作製する方法を提供するものである。特に光ディスク用レーザーへの応用において効果的である。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明のAlGaInN系半導体の第一の製造方法は、サファイア等の基板上に構成された $Al_xGa_yIn_zN$ ($x+y+z=1$)系結晶の結晶部及び基板部の内少なくともいずれかにパルスレーザービーム光を照射することにより分離溝を形成することを特徴とする。

【0017】また、本発明のAlGaInN系半導体の第二の製造方法は、基板上に構成された $Al_xGa_yIn_zN$ ($x+y+z=1$)系結晶の結晶部及び基板部の内少なくともいずれかにパルスレーザービーム光を照射することにより素子分離を行うことを特徴とする。特に、パルスレーザービーム光の照射領域と非照射領域が周期的であり、パルスレーザービーム光非照射領域がレーザーダイオードの共振器面形成領域を含むことを特徴とする。

【0018】また、本発明のAlGaInN系半導体の第三の製造方法は、基板上に構成された $Al_xGa_yIn_zN$ ($x+y+z=1$)系結晶の結晶部及び裏面基板部に分離溝を形成する工程と、前記分離溝の内少なくともいずれかにおいてパルスレーザービーム光を照射して前記分離溝を追加工することを特徴とする。特に、パルスレーザービーム光を照射する工程を含む工程により形成した分離溝に添ってへき開することによりレーザーダイオードの共振器面を作製またはパルスレーザービーム光を照射することによりレーザーダイオードの共振器面を直接作製することを特徴とする。前記AlGaInN系半導体の製造方法はパルスレーザービーム光照射による分離溝形成方法は多光子過程によることを特徴とする。

【0019】また、本発明のAlGaInN系半導体の第四の製造方法及び素子構造は基板表面または裏面のうち少なくとも一方に溝加工を施す工程と前記基板上にAlGaInN系半導体素子の作製を行う工程とを有することを特徴とし、特に加工溝の周期または深さの少なくとも一方を基板内において変調させることを特徴とする。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を用いて詳細に説明する。本発明のAlGaInN系半導体の成長方法は、MOVPE法に限定するものではなく、ハイドライド気相成長法(HVPE法)や分子線エピタキシー法(MBE法)など、AlGaInN系窒化物半導体層を成長させるためにこれまで提案されている全ての方法に適用できる。

【0021】(実施例1)図6に素子断面図を示すように、まずMOVPE法によりサファイア基板601の主にC面上にGa_nバッファ層602、n-AlGaInN層603、n-AlGaInクラッド層604、n-GaN光ガイド層605、Ga_{1-x}In_xN/Ga_{1-y}In_yN

($0 < y < x < 1$)から成る多重量子井戸(MQW)活性層606、p-GaN光ガイド層607、p-AlGaInクラッド層608、p-GaNコンタクト層609を結晶成長する。そしてp-GaNコンタクト層609上に幅3μm程度のリッジストライプが形成され、その両側はSiO₂611によって埋め込まれる。その後リッジストライプおよびSiO₂611上に例えばNi/Auから成るp電極610、また一部をn-AlGaIn層603が露出するまでエッチングした表面に例えばTi/Alから成るn電極612が形成される。本素子においてn電極612を接地し、p電極610に電圧を印加すると、MQW活性層606に向かってp電極610側からホールが、またn電極612側から電子が注入され、前記MQW活性層606内で光学利得を生じ、発振波長400nm帯のレーザー発振を起こす。

【0022】次に、図2(a)に素子作製の工程断面図を示すように、サファイア基板22の裏面側にダイヤモンドカッター等を用いてスクライビングを行い分離溝23を周期的に形成する。前記分離溝23の間隔(周期)はレーザーダイオードの光共振器長の約700μmであり、溝は基板の端から端まで一直線に形成する。また、前記分離溝23の深さはサファイア基板の厚み範囲内において作製する。なお、サファイア基板の厚みは前記素子構造を形成した後、研削機を用いてトータル100μm程度の厚みになるように基板裏面を研磨する。次に、図2(b)に示すように、AlGaInN系レーザー構造結晶21側からパルスレーザービーム24を前記分離溝23に対応する位置に照射し、基板を完全に分離する。ただしレーザービーム照射は直接分離溝23まで貫通させなくても良く、AlGaInN系レーザー構造結晶21だけに照射した後、基板に力を加えて分離溝23に添って割っても良い。またパルスレーザービームのスキャンは、集光レンズを移動させてビームを移動させても、ビームを固定し基板をステージ等に保持しこれを移動させても良い。図1は第1の実施例を示すAlGaInN系半導体レーザー構造を形成した基板1上においてパルスレーザービームを照射し、分離加工部2を形成した状態を表す図

(AlGaInN系結晶成長を施した側から見た図)である。なおパルスレーザービームは前記図1に示すようにレーザー共振器作製部分4近傍には照射せず、素子幅程度の周期で照射/非照射の部分形成することが望ましい。これは前記図2の工程で説明したようにAlGaInN系レーザー3を作製する際に分離加工部2に添って力を加えれば、レーザーを照射していない共振器作製部分4近傍も分離加工部2に添って容易に割ることができかつレーザー照射の影響を受けないので原子層オーダーで自然形成された共振器面が実現できる。なお、図1においてレーザービームを照射して形成する溝の方向は基板であるサファイアの<11-20>方向であるが、<1-100>方向であっても良い。更にレーザー照射を任意に

10

20

30

40

50

結晶軸方向に行っても問題ない。図4は前記方法を用いてパルスレーザービーム照射により形成した素子の共振器近傍における断面図である。レーザー照射はサファイアの<11-20>方向に行く。サファイアM面43が精度良く形成されるので、AlGaInN系レーザーの共振器面41(この場合A面)の平坦性が極めて良好に、かつ再現性良く形成される。

【0023】本発明において、照射するパルスレーザーは例えばチタン・サファイア系のピーク波長が赤外付近で、パルス幅は数100fsの超短パルスを用いる。超短パルスレーザーを用いることで照射するレーザーの尖頭値パワーを短時間で著しく増大させることができ、短時間に得られた強いレーザーパワーにより多光子吸収過程により原子の結合が切れ基板や結晶が分離切断される(レーザーアブレーション)。これによりレーザービームを照射した領域において熱によるダメージを著しく低減させることが可能となる。

【0024】更に本発明において、パルスレーザービームを照射することにより、作製するレーザー素子の共振器近傍ぎりぎり(数μm程度)まで照射しても、前記共振器にダメージを与えることなく溝加工できる。従来、ダイヤモンドカッター等を用いて溝加工した場合、溝周辺部にひびや欠陥が入ってしまうために作製するレーザー素子の共振器から100μm程度離れた位置までしか溝加工できず、このためにレーザーバーを作製する際に十分なガイドとなる溝が得られず、力を加えて割る際に途中で大きく外れて歩留まりを極端に低下させていたが、本発明により格段の歩留まり向上が実現できた。

【0025】なお本実施例においては基板としてサファイアを示したがAlGaInN系結晶のエピタキシャル成長に一般に用いる他のSi, SiC, Mg₂O₃, GaN, ガラス等についても有効であり、更にマスクを用いた選択横方向成長を行った低欠陥のAlGaInN系基板においても有効であることは言うまでも無い。

【0026】(実施例2)次にパルスレーザービームを基板の裏面に照射する工程について説明する。素子構造、基板厚み及びパルスレーザービーム照射に用いる光源は実施例1と同様である。

【0027】図3にパルスレーザービームを基板の裏面に照射し基盤を分離切断する工程を示す。図3(a)に示すように、サファイア基板32の裏面側にパルスレーザービーム照射33を施し分離溝34を周期的に形成する。前記分離溝34の間隔(周期)はレーザーダイオードの光共振器長の約700μmであり、溝は基板の端から端まで一直線に形成する。また、前記分離溝34の深さはサファイア基板の厚み範囲内において作製する。この時、基板の厚み方向において一部(10~20μm程度)はレーザー光のフォーカスを調整するなどしてパルスレーザー光によって基板が加工されないようにする。次に、図3

(b)に示すように、AlGaInN系レーザー構造結晶

31側からパルスレーザービーム35を前記分離溝34に対応する位置に照射し、分離溝36を形成する。パルスレーザービーム照射35のパターンは実施例1と同様図1に示す通り、作製するレーザー素子の共振器端面には照射せずに周期的に行うものとする。最後に図3(c)に示すように図3(b)の状態に力を加え基板を割る。

【0028】本発明の工程によれば基板裏面側からパルスレーザービームを照射するので、基板厚み方向においてAlGaInN系レーザー構造結晶と基板との界面近傍ぎりぎりまで前記結晶部にダメージを与えることなく溝加工できるので、ダイヤモンドカッター等を用いた場合のように、溝加工部周辺に生じるクラックやひび割れを回避するために結晶と基板との界面から溝加工を離す必要がなく、格段に歩留まり良くレーザーバーを作製できる。

【0029】本発明がサファイア以外の基板に用いても有効であることは実施例1と同様である。

【0030】(実施例3)図8(a)に示すようにサファイアC面基板81にフォトリソグラフィやドライエッチングプロセス等を用いて溝加工82を施す。用いた基板の厚み及び全径はそれぞれ約400μm及び2インチである。溝加工はサファイアの<1-100>及び<11-20>方向に沿って直線上に施し、基板周辺部ほど溝と溝との間隔を密にする。典型的な溝と溝との間隔は、基板中心部は500~1000μm程度、基板周辺部は50~100μm程度で、溝幅は1~3μm程度で、溝深さは約5~100μm程度である。なお溝加工はパルスレーザービーム照射を行って作製してもよい。

【0031】前記加工基板を用いて図9に断面図を示すAlGaInN系レーザー構造を作製する。まずMOVPE法により前記図8(a)に示した溝加工を施した空隙902を有するサファイア基板901の主にC面上にGaNバッファ層を介してアンドープGaN層903、n-GaN層904、n-AlGaInクラッド層905、n-GaN光ガイド層906、Ga_{1-x}In_xN/Ga_{1-y}In_yN (0<y<x<1)から成る多重量子井戸(MQW)活性層907、p-AlGaIn/GaN超格子キャップ層908、p-GaN光ガイド層909、p-AlGaIn/GaN超格子クラッド層910、p-GaN第二コンタクト層911、p-GaN第二コンタクト層912を順次結晶成長する。そしてp-GaN第二コンタクト層912上に幅3μm程度のリッジストライプが形成され、その両側はSiO₂914によって埋め込まれる。その後リッジストライプおよびSiO₂914上に例えばNi/Auから成るp電極913、また一部をn-GaN層904が露出するまでエッチングした表面に例えばTi/Alから成るn電極915が形成される。本素子においてn電極915を接地し、p電極913に電圧を印加すると、MQW活性層907に向かってp電極913側からホールが、またn電極915側から電子が注入され、前記MQW活性層907内で光学

利得を生じ、発振波長400nm帯のレーザ発振を起こす。

【0032】図8(a)に示すような変調周期を有した溝加工を施したサファイア基板を用いて前記素子構造を結晶成長すると以下に示すように基板の反りやクラックを低減するのに極めて大きな効果がある。すなわち、図7(b)に示すようにサファイア基板74に施した空隙76上ではAlGaInN系レーザ構造75が横方向成長し、結合部74でスムーズに結合するので素子表面の結晶平坦性は確保される。更に、基板周辺部においては溝加工の加工周期が基板中心部よりも短く、より密に空隙が存在するので、この領域においてはサファイア基板74とAlGaInN系レーザ構造75との間に生じる応力が緩和され、反りや変形更にはこれらによってもたらされる結晶部のクラックが著しく低減される。この結果、2インチ系の基板を用いて前記素子構造を結晶成長し、これにフォトリソグラフィ等を用いてレーザのリジストライプを形成する際に、フォトマスクとの位置ずれ等がなくなるので、量産を行う際に極めて歩留まり良く生産できることがわかった。更に、実施例1や実施例2に示すようにレーザバーを作製する際においても、本発明を用いて基板の反りや変形を無くすと著しく高歩留まりでレーザバーが作製できることが判明した。

【0033】サファイア基板の溝加工は、図8(b)に示すように基板周囲程より密につまった同心円状でも良い。この場合基板全体にわたりより歪による変形を抑制できる。更に図8(c)に示すように例えば $\langle 1-10 \rangle$ や $\langle 1-20 \rangle$ のように特定の方向のみに沿って溝加工を施せば、溝加工に垂直な方向の歪みが平行方向の歪みよりも緩和されるのでc面内において異方的な歪み応力を意図的に加えることが実現でき、歪みによってAlGaInN系結晶のバンド構造を変えレーザの発光特性改善が可能となる。

【0034】また溝加工の深さを基板周辺部ほど深くすることにより基板周辺部がより緩和されるので、前記深さ変調は周期変調の場合と同様に基板の反りや変形に対して有効である。

【0035】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のAlGaInN系半導体の第一の製造方法によれば、基板上に構成された $Al_xGa_yIn_zN$ ($x+y+z=1$)系結晶の結晶部及び基板部の内少なくともいずれかにパルスレーザビーム光を照射して分離溝を形成することにより、前記基板及びAlGaInN系結晶の結晶面に沿って忠実に溝加工が実現でき、極めて平坦性に優れた分離溝断面を作製することが可能である。

【0036】また、本発明のAlGaInN系半導体の第二の製造方法によれば、基板上に構成された $Al_xGa_yIn_zN$ ($x+y+z=1$)系結晶の結晶部及び基板部の内少なくともいずれかにパルスレーザビーム光を照

射することにより素子分離を行うことにより、前記基板及びAlGaInN系結晶の結晶面に忠実に沿って素子分離が可能となり、この工程を半導体レーザに適用した場合極めて高歩留まりなレーザダイオード光共振器端面の作製が可能となる。

【0037】また、本発明のAlGaInN系半導体の第三の製造方法によれば、基板上に構成された $Al_xGa_yIn_zN$ ($x+y+z=1$)系結晶の結晶部及び裏面基板部に分離溝を形成する工程と、前記分離溝の内少なくともいずれかにおいてパルスレーザビーム光を照射して前記分離溝を追加加工し、パルスレーザビーム光を照射して形成した分離溝に添ってへき開することにより、極めて平坦なレーザダイオード共振器面の作製が高歩留まりで可能となる。特に、前記パルスレーザビーム光照射による分離溝形成方法は多光子過程によるもので熱的な過程が支配的ではなく、レーザダイオードを構成する基板及び結晶を損傷することなく短時間に結晶を構成する原子の結合を切断できるので、信頼性に優れた発光素子が実現できる。

【0038】また、本発明のAlGaInN系半導体の第四の製造方法及び素子構造によれば、基板表面または裏面のうち少なくとも一方に周期または深さを基板内において変調させた溝加工を施した後、前記基板上にAlGaInN系半導体素子の作製を行うことにより、素子を構成する基板と前記AlGaInN系結晶との間に発生する熱歪みを低減でき、反り、変形及びクラック等の無い高品質な素子が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】AlGaInN系素子構造を形成した基板上におけるパルスレーザビーム照射による分離溝形成パターンを表す図

【図2】(a)パルスレーザビーム照射による分離溝形成の工程図

(b)パルスレーザビーム照射による分離溝形成の工程図

【図3】(a)パルスレーザビーム照射による分離溝形成の工程図

(b)パルスレーザビーム照射による分離溝形成の工程図

(c)パルスレーザビーム照射による分離溝形成の工程図

【図4】パルスレーザビーム照射により形成した素子断面図

【図5】(a)従来のスクライビング法により形成した素子断面図

(b)従来のスクライビング法により形成した分離溝形成パターンを表す図

【図6】本発明のプロセスを施したAlGaInN系素子構造を示す図

【図7】(a)従来法によるサファイア基板上AlGa

InN系素子断面図

(b) 本発明によるサファイア基板上AlGaInN系素子断面図

【図8】(a) 本発明による基板上への加工パターンを表す図

(b) 本発明による基板上への加工パターンを表す図

(c) 本発明による基板上への加工パターンを表す図

【図9】本発明による加工基板を用いたAlGaInN系素子断面図

【図10】従来法による加工基板を用いたAlGaInN系素子断面図

【図11】(a) 従来法によるマスク基板を用いたGaN結晶の構造断面図

(b) 従来法による加工基板を用いたGaN結晶の構造断面図

【符号の説明】

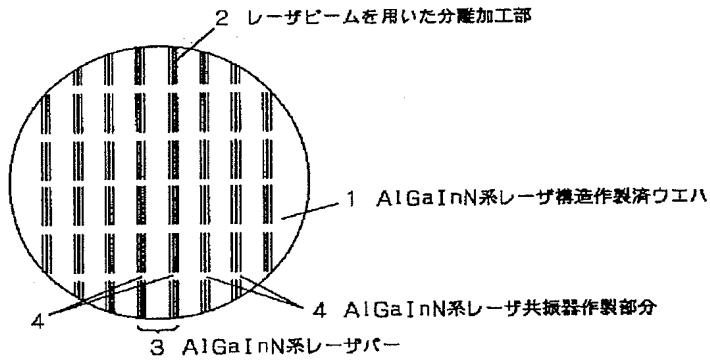
- 1 AlGaInN系レーザ構造作製済ウエハ
- 2 レーザビームを用いた分離加工部
- 3 AlGaInN系レーザバー
- 4 AlGaInN系レーザ共振器作製部分
- 21 AlGaInN系レーザ構造
- 22 サファイア基板
- 23 分離溝
- 24 パルスレーザビーム照射
- 25 分離溝
- 31 AlGaInN系レーザ構造
- 32 サファイア基板
- 33 パルスレーザビーム照射
- 34 分離溝
- 35 パルスレーザビーム照射
- 36 分離溝
- 41 AlGaInN系レーザ共振器面
- 42 サファイアC面
- 43 サファイアM面
- 51 サファイアM面
- 52 AlGaInN系レーザ結晶M面
- 53 AlGaInN系レーザ結晶A面
- 54 サファイアC面
- 55 AlGaInN系レーザ構造作製済ウエハ
- 56 ダイヤモンドカッターを用いた分離溝
- 57 分離溝周辺部のひび割れ及び傷
- 58 レーザ共振器作製部分
- 71 サファイア基板
- 72 AlGaInN系レーザ構造
- 73 変形及び応力が大きい領域
- 74 結合部
- 75 AlGaInN系レーザ構造
- 76 空隙
- 81 サファイア基板
- 82 溝加工

- 83 サファイア基板
- 84 溝加工
- 85 サファイア基板
- 86 溝加工
- 601 サファイア基板
- 602 バッファ層
- 603 n-AlGaN層
- 604 n-AlGaNクラッド層
- 605 n-GaN光ガイド層
- 606 GaInN/GaN-MQW活性層
- 607 p-GaN光ガイド層
- 608 p-AlGaNクラッド層
- 609 p-GaNコンタクト層
- 610 p電極
- 611 SiO₂
- 612 n電極
- 901 サファイア基板
- 902 空隙
- 903 u-GaN層
- 904 n-GaN層
- 905 n-AlGaNクラッド層
- 906 n-GaN光ガイド層
- 907 活性層
- 908 p-AlGaN/GaN超格子キャップ層
- 909 p-GaN光ガイド層
- 910 p-AlGaN/GaN超格子クラッド層
- 911 p-GaN第二コンタクト層
- 912 p-GaN第一コンタクト層
- 913 p電極
- 914 SiO₂
- 915 n電極
- 1001 サファイア基板
- 1002 バッファ層
- 1003 n-AlGaN層
- 1004 n-AlGaNクラッド層
- 1005 n-GaN光ガイド層
- 1006 GaInN/GaN-MQW活性層
- 1007 p-GaN光ガイド層
- 1008 p-AlGaNクラッド層
- 1009 p-GaNコンタクト層
- 1010 p電極
- 1011 SiO₂
- 1012 n電極
- 1101 サファイア基板
- 1102 GaN
- 1103 SiO₂
- 1104 GaN層
- 1105 転位の少ない領域
- 1106 転位の多い領域
- 50 1107 サファイア基板

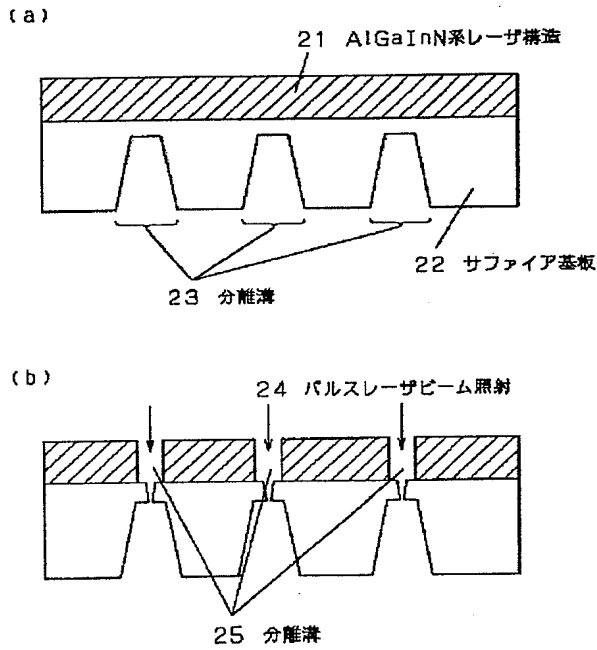
1108 GaN
1109 空隙

1110 転位の少ない領域
1111 転位の多い領域

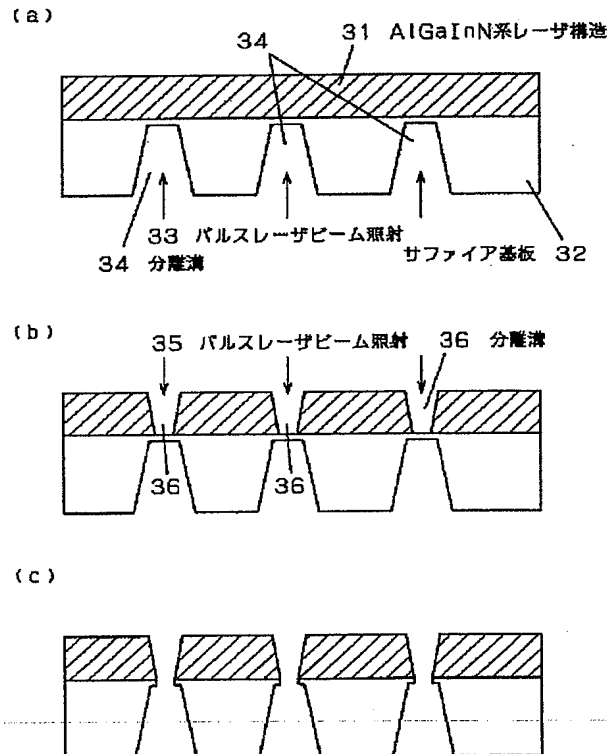
【図1】



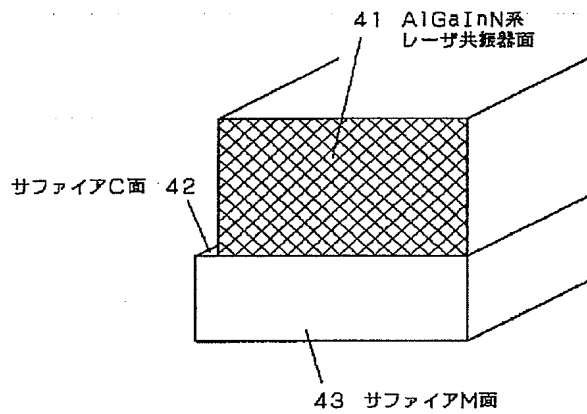
【図2】



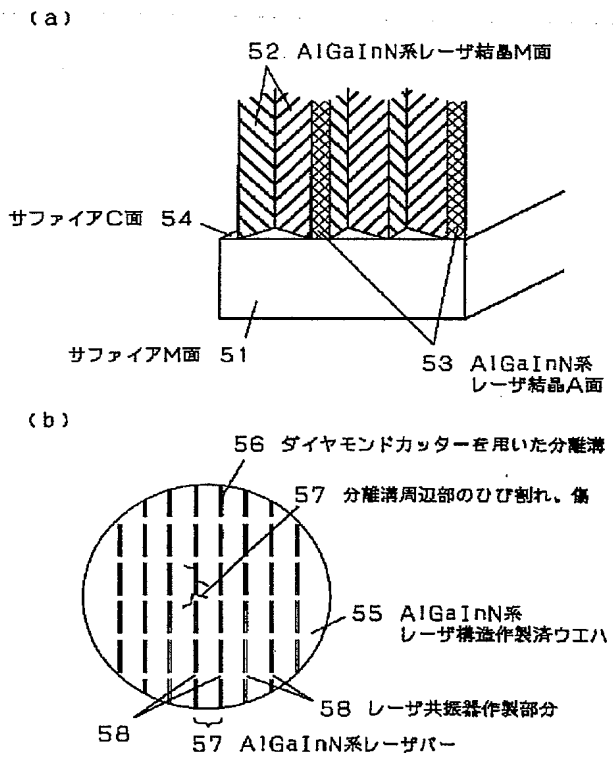
【図3】



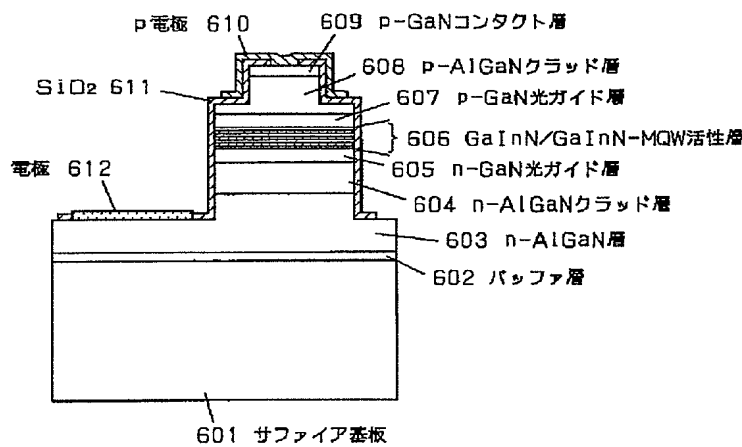
【図4】



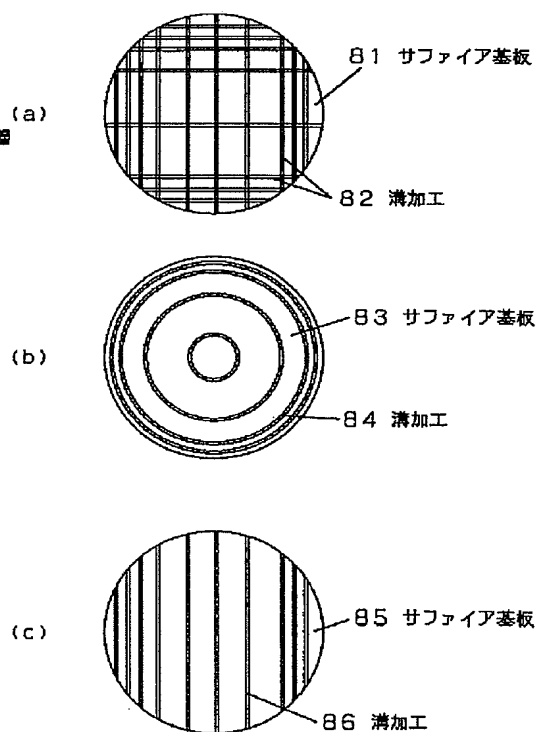
【図5】



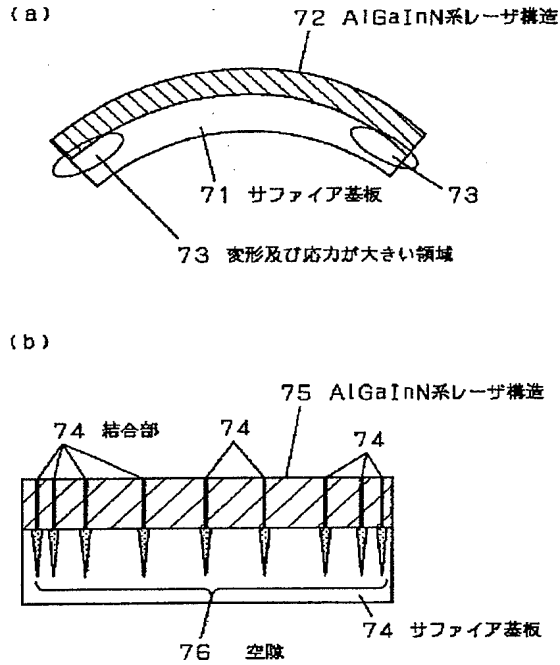
【図6】



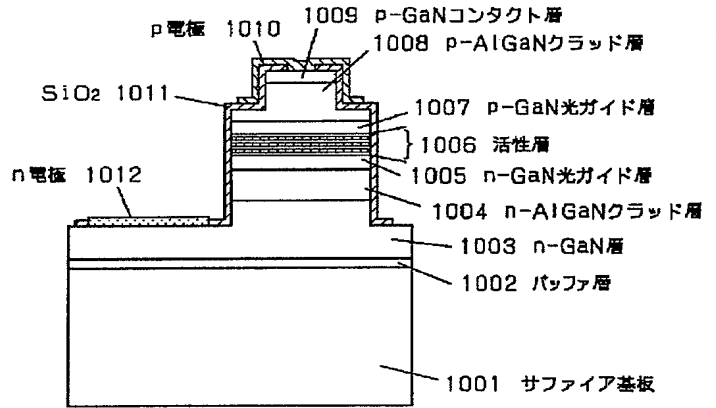
【図8】



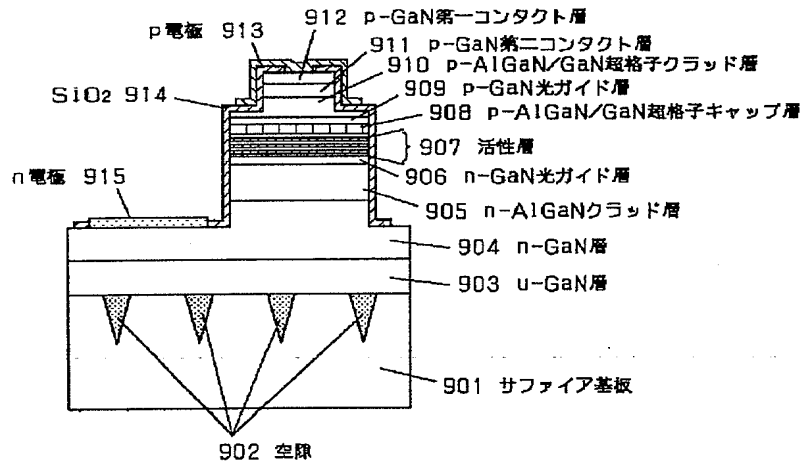
【図7】



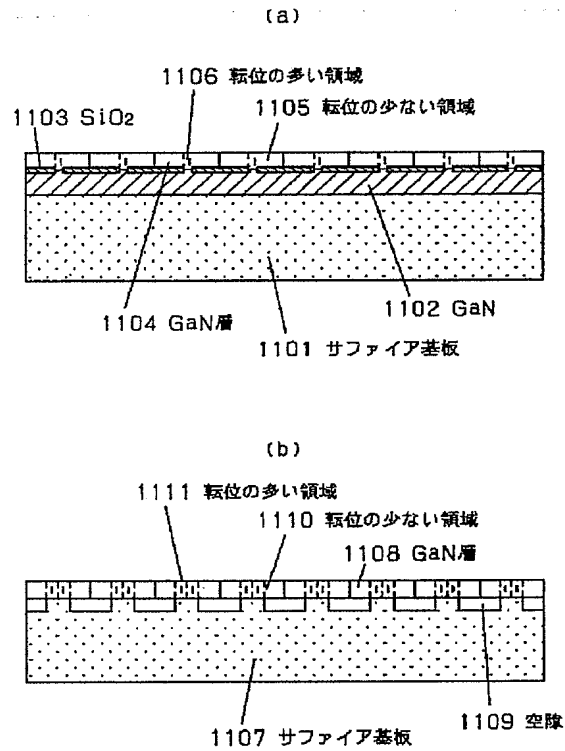
【図10】



【図9】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 大塚 信之
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

Fターム(参考) 4E068 AD00 CA03 DA10
5F041 AA41 CA40 CA76
5F073 CA17 CB05 DA31 DA34